

Hubungan Kadar HbA1C dan Kadar Troponin I pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan Komplikasi Gangguan Kardiovaskuler

Palahudin¹, Ani Riyani², Dewi Nurhayati³, Nurfarida Ulfah⁴

¹Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Bandung

²Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Bandung

³Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Bandung

⁴Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Bandung

*Email: palahudin62@gmail.com No Tlp :085871268066

ABSTRACT

Background: Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) is a chronic metabolic disorder associated with an increased risk of cardiovascular complications. Chronic hyperglycemia, reflected by glycated hemoglobin (HbA1c), is believed to contribute to myocardial injury, which can be identified by elevated cardiac Troponin I levels. **Objective:** This study aimed to determine the correlation between HbA1c levels and Troponin I levels among patients with Type 2 Diabetes Mellitus complicated by cardiovascular disorders at Welas Asih Regional Hospital. **Methods:** An analytical observational study with a cross-sectional design was conducted using secondary data obtained from the medical records of 50 patients selected through purposive sampling. Data were analyzed using descriptive statistics, the Shapiro–Wilk normality test, and Spearman's rank correlation test with a significance level of 95%. **Results:** The mean HbA1c level was $9.57 \pm 1.89\%$, while the mean Troponin I level was 52.22 ± 51.46 ng/L. The Shapiro–Wilk test indicated that Troponin I data were not normally distributed ($p < 0.05$); therefore, Spearman's correlation analysis was applied. The analysis demonstrated a statistically significant positive correlation between HbA1c and Troponin I levels ($r = 0.543$; $p = 0.000$). **Conclusion:** HbA1c levels were positively and significantly correlated with Troponin I levels among patients with Type 2 Diabetes Mellitus and cardiovascular complications. Higher HbA1c levels were associated with higher Troponin I levels, suggesting that poor long-term glycemic control may contribute to myocardial injury. Routine monitoring of HbA1c may therefore provide additional value in assessing cardiovascular risk in patients with Type 2 Diabetes Mellitus.

Keywords: Type 2 Diabetes Mellitus, HbA1c, Troponin I

ABSTRAK

Latar Belakang: Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit metabolik kronis yang berisiko menimbulkan berbagai komplikasi, terutama gangguan kardiovaskular. Hiperglikemia kronis yang tercermin dari kadar Hemoglobin A1c (HbA1c) diduga berperan dalam terjadinya kerusakan miokard yang dapat dideteksi melalui peningkatan kadar Troponin I. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kadar HbA1c dengan kadar Troponin I pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular di RSUD Welas Asih. **Metode:** Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan cross-sectional. Data sekunder diperoleh dari rekam medis 50 pasien yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Analisis data meliputi analisis deskriptif, uji normalitas Shapiro–Wilk, dan uji korelasi Spearman dengan tingkat signifikansi 95%.

Hasil: Rata-rata kadar HbA1c sebesar $9,57 \pm 1,89\%$, sedangkan rata-rata kadar Troponin I sebesar $52,22 \pm 51,46$ ng/L. Hasil uji Shapiro–Wilk menunjukkan bahwa data Troponin I tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), sehingga analisis hubungan menggunakan uji Spearman. Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan positif yang bermakna antara kadar HbA1c dan kadar Troponin I dengan nilai koefisien korelasi $r = 0,543$ dan nilai signifikansi $p = 0,000$. **Kesimpulan:** Terdapat hubungan positif yang signifikan antara kadar HbA1c dan kadar Troponin I pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular. Semakin tinggi kadar HbA1c, semakin tinggi pula kadar Troponin I, sehingga HbA1c berpotensi menjadi indikator risiko kerusakan miokard pada pasien diabetes.

Kata kunci: Diabetes Melitus Tipe 2, HbA1c, Troponin I,

PENDAHULUAN

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh hiperglikemia akibat resistensi insulin maupun gangguan sekresi insulin. Penyakit ini menjadi salah satu masalah kesehatan global dengan prevalensi yang terus meningkat setiap tahunnya. Menurut International Diabetes Federation (IDF), jumlah penderita diabetes diperkirakan mencapai lebih dari 537 juta orang dewasa di dunia dan diproyeksikan terus meningkat pada beberapa dekade mendatang [1]. Selain menyebabkan gangguan metabolisme glukosa, DMT2 juga berkontribusi terhadap berbagai komplikasi kronis, baik mikrovaskular maupun makrovaskular. Komplikasi makrovaskular, khususnya penyakit kardiovaskular, merupakan penyebab utama morbiditas dan mortalitas pada pasien diabetes melitus tipe 2 [2].

Pengendalian kadar glukosa darah dalam jangka panjang menjadi faktor penting dalam mencegah perkembangan komplikasi kardiovaskular. Salah satu indikator yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi kontrol glikemik adalah hemoglobin terglikasi (HbA1c) [3]. Pemeriksaan HbA1c mampu menggambarkan rata-rata kadar glukosa darah selama dua hingga tiga bulan terakhir sehingga lebih mencerminkan kondisi metabolik pasien dibandingkan pemeriksaan glukosa darah sesaat. Peningkatan kadar HbA1c menunjukkan buruknya kontrol glikemik yang dapat memicu stres oksidatif, disfungsi endotel, inflamasi kronis, serta percepatan aterosklerosis yang berujung pada kerusakan jaringan kardiovaskular [4]. Oleh karena itu, HbA1c tidak hanya digunakan sebagai parameter evaluasi terapi diabetes, tetapi juga sebagai indikator risiko terjadinya komplikasi kardiovaskular.

Kerusakan miokard akibat komplikasi kardiovaskular dapat dideteksi melalui biomarker jantung, salah satunya adalah Troponin I. Protein ini memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi terhadap cedera sel miokard sehingga digunakan sebagai biomarker utama dalam diagnosis maupun evaluasi kerusakan jantung. Pada pasien diabetes melitus tipe 2, peningkatan kadar Troponin I tidak selalu berkaitan dengan sindrom koroner akut, tetapi juga dapat terjadi akibat kerusakan miokard subklinis yang dipicu oleh hiperglikemia kronis, gangguan mikrosirkulasi, dan proses inflamasi yang berlangsung secara terus-menerus. Kondisi tersebut menyebabkan pasien diabetes memiliki risiko lebih tinggi mengalami gangguan fungsi jantung meskipun belum menunjukkan gejala klinis yang khas [5][6].

Beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan adanya hubungan antara kontrol glikemik dan peningkatan biomarker kerusakan jantung. Penelitian oleh Hossain *et al.* menunjukkan bahwa pasien diabetes dengan sindrom koroner akut memiliki kadar HbA1c dan Troponin I yang lebih tinggi dibandingkan pasien non-diabetes, serta

ditemukan hubungan positif dengan kekuatan korelasi sedang antara kedua parameter tersebut [7]. Penelitian lain oleh Šimić *et al.* juga melaporkan bahwa pasien diabetes dengan kadar HbA1c $\geq 7\%$ memiliki kadar troponin yang lebih tinggi dibandingkan kelompok dengan kontrol glikemik yang baik [8]. Temuan tersebut memperkuat dugaan bahwa hiperglikemia kronis berperan dalam meningkatkan kerusakan miokard melalui berbagai mekanisme patofisiologis.

Meskipun demikian, penelitian mengenai hubungan kadar HbA1c dan Troponin I pada pasien diabetes melitus tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular masih relatif terbatas, terutama pada populasi Indonesia yang menggunakan data rekam medis rumah sakit sebagai sumber informasi klinis. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak dilakukan pada pasien dengan sindrom koroner akut atau hanya menilai masing-masing biomarker secara terpisah. Kondisi ini menunjukkan masih adanya *research gap* mengenai pemanfaatan HbA1c sebagai indikator kontrol glikemik yang berkaitan dengan derajat kerusakan miokard yang ditunjukkan oleh kadar Troponin I pada pasien DMT2 dengan komplikasi kardiovaskular.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kadar HbA1c dengan kadar Troponin I pada pasien diabetes melitus tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular di RSUD Welas Asih. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan bukti ilmiah mengenai hubungan antara kontrol glikemik jangka panjang dan derajat kerusakan miokard, sehingga dapat menjadi dasar dalam pemanfaatan kedua biomarker tersebut sebagai parameter laboratorium untuk mendukung deteksi dini, stratifikasi risiko, serta pemantauan komplikasi kardiovaskular pada pasien diabetes melitus tipe 2.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan pendekatan cross-sectional menggunakan data sekunder yang diperoleh dari rekam medis pasien. Desain penelitian dipilih untuk menganalisis hubungan antara kadar Hemoglobin A1c (HbA1c) sebagai indikator kontrol glikemik jangka panjang dengan kadar Troponin I sebagai biomarker kerusakan miokard pada pasien diabetes melitus tipe 2 yang mengalami komplikasi gangguan kardiovaskular [9]. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium RSUD Welas Asih pada periode Maret–Mei 2026 dengan menggunakan data pemeriksaan pasien periode Januari–Desember 2025. Metode ini memungkinkan peneliti memperoleh gambaran hubungan antarvariabel pada satu waktu pengamatan tanpa melakukan intervensi terhadap subjek penelitian.

Sumber Data dan Teknik Sampling

Penelitian menggunakan data sekunder yang berasal dari rekam medis pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular di RSUD Welas Asih. Populasi penelitian berjumlah 211 pasien, sedangkan sampel penelitian sebanyak 50 pasien yang memenuhi kriteria penelitian melalui teknik purposive sampling. Kriteria inklusi meliputi pasien yang terdiagnosis Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular serta memiliki hasil pemeriksaan HbA1c dan Troponin I yang lengkap. Sementara itu, pasien dengan penyakit autoimun, infeksi akut berat, gagal ginjal terminal, maupun rekam medis yang tidak lengkap dikeluarkan dari penelitian.

Tabel 1. Karakteristik Populasi dan Kriteria Pemilihan Sampel

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
- Pasien terdiagnosis diabetes melitus tipe 2. - Pasien dengan komplikasi gangguan kardiovaskular. - Memiliki data hasil pemeriksaan HbA1C dan Troponin I.	- Pasien dengan penyakit autoimun atau infeksi akut berat. - Pasien dengan gagal ginjal terminal. - Data rekam medis tidak lengkap.

Variabel Penelitian

Variabel independen dalam penelitian ini adalah kadar HbA1c (%), sedangkan variabel dependen adalah kadar Troponin I (ng/L). Kadar HbA1c diperoleh melalui pemeriksaan menggunakan metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC) dengan alat Bio-Rad D-10, sedangkan kadar Troponin I diperiksa menggunakan metode Enzyme-Linked Fluorescence Assay (ELFA) pada instrumen VIDAS. Kedua variabel diukur dalam skala rasio sehingga dapat dianalisis menggunakan uji korelasi sesuai distribusi data.

Tabel 2. Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
Diabetes Melitus Tipe 2 dengan Komplikasi Kardiovaskular.	Pasien yang telah didiagnosis diabetes melitus tipe 2 dan mengalami komplikasi kardiovaskular berdasarkan catatan rekam medis.	Penelusuran diagnosis dan riwayat penyakit pada rekam medis pasien.	Rekam medis.	DM tipe 2 dengan komplikasi kardiovaskular (Ya).	Nominal
HbA1C	Persentase hemoglobin terglikasi yang menunjukkan kontrol glikemik jangka panjang (2–3 bulan terakhir).	HPLC.	<i>Analyzer</i> HbA1c.	Nilai HbA1c (%).	Rasio

Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
Troponin I	Biomarker spesifik jantung yang menunjukkan adanya kerusakan miokard.	ELFA.	<i>Analyzer</i> kimia klinik.	Nilai troponin I (ng/L).	Rasio

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran rekam medis pasien yang memenuhi kriteria penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi diagnosis Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular, hasil pemeriksaan HbA1c, serta hasil pemeriksaan Troponin I. Seluruh data dicatat menggunakan kode khusus untuk menjaga kerahasiaan identitas pasien, kemudian dilakukan proses editing, coding, entry data, dan data cleaning sebelum dianalisis lebih lanjut guna memastikan kelengkapan serta konsistensi data penelitian.

Pengukuran dan Instrumen

Pemeriksaan HbA1c dilakukan menggunakan alat Bio-Rad D-10 dengan metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC) yang merupakan metode baku dalam pemeriksaan hemoglobin terglukasi. Pemeriksaan Troponin I dilakukan menggunakan alat VIDAS dengan metode Enzyme-Linked Fluorescence Assay (ELFA) yang memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi dalam mendeteksi cedera miokard. Kedua instrumen tersebut telah digunakan secara rutin di laboratorium RSUD Welas Asih sesuai prosedur operasional standar (SOP) laboratorium.

Etik Penelitian

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan sebelum proses pengambilan data dilakukan. Seluruh data yang digunakan berasal dari rekam medis pasien tanpa mencantumkan identitas pribadi sehingga kerahasiaan responden tetap terjaga. Penggunaan data sekunder dilakukan setelah memperoleh izin dari pihak RSUD Welas Asih sesuai dengan prosedur penelitian yang berlaku.

Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics. Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik data melalui nilai rerata, standar deviasi, nilai minimum, dan maksimum. Distribusi data diuji menggunakan Shapiro-Wilk. Apabila data tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), hubungan antara kadar HbA1c dan kadar Troponin I dianalisis menggunakan uji

korelasi Spearman dengan tingkat kemaknaan 95% ($\alpha = 0,05$). Nilai koefisien korelasi (r) digunakan untuk menentukan arah dan kekuatan hubungan antarvariabel.

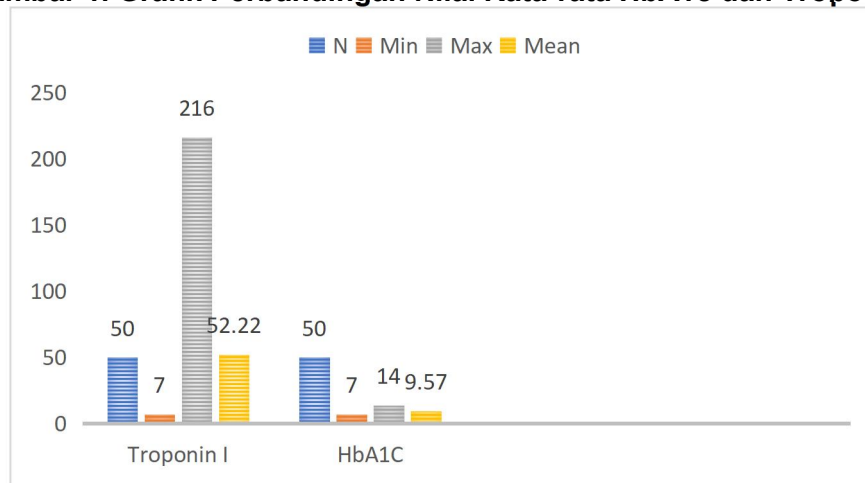
HASIL

Penelitian ini melibatkan 50 pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular yang memenuhi kriteria inklusi berdasarkan data rekam medis RSUD Welas Asih periode Januari–Desember 2025. Seluruh sampel memiliki data hasil pemeriksaan kadar HbA1c dan kadar Troponin I yang lengkap sehingga seluruhnya dapat dianalisis. Analisis penelitian dilakukan secara bertahap yang meliputi analisis deskriptif, uji normalitas, dan analisis hubungan antarvariabel menggunakan uji korelasi Spearman.

Gambaran Distribusi Kadar HbA1c dan Troponin I

Hasil analisis awal menunjukkan bahwa kadar HbA1c dan Troponin I memiliki karakteristik penyebaran data yang berbeda. Variabel Troponin I memperlihatkan variasi nilai yang jauh lebih besar dibandingkan HbA1c. Sebaliknya, distribusi HbA1c relatif lebih homogen sehingga sebagian besar pasien memiliki nilai HbA1c pada rentang yang hampir sama. Perbedaan pola penyebaran tersebut memberikan gambaran bahwa tingkat kerusakan miokard pada pasien memiliki variasi yang cukup tinggi, sedangkan kondisi kontrol glikemik jangka panjang cenderung seragam dan didominasi oleh kadar HbA1c yang berada di atas nilai target pengendalian diabetes.

Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Rata-rata HbA1c dan Troponin I



Analisis Deskriptif Variabel Penelitian

Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik kadar HbA1c dan Troponin I pada seluruh sampel penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar Troponin I memiliki nilai minimum 7 ng/L, nilai maksimum 216 ng/L, dengan rata-rata sebesar 52,22 ng/L dan standar deviasi 51,458 ng/L. Nilai standar deviasi yang hampir sama besar dengan nilai rata-rata menunjukkan adanya variasi data yang cukup tinggi di antara pasien. Rentang nilai yang sangat lebar mengindikasikan bahwa tingkat kerusakan miokard yang dialami pasien berbeda-beda sehingga menghasilkan variasi kadar Troponin I yang cukup besar.

Pada variabel HbA1c diperoleh nilai minimum 7% dan nilai maksimum 14%, dengan rata-rata sebesar 9,57% serta standar deviasi 1,894%. Dibandingkan dengan

Troponin I, variasi HbA1c relatif lebih kecil sehingga distribusi data lebih homogen. Nilai rata-rata HbA1c yang berada di atas batas target pengendalian glikemik ($<7\%$) menunjukkan bahwa sebagian besar pasien dalam penelitian ini memiliki kontrol glukosa darah jangka panjang yang kurang optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa mayoritas pasien masih mengalami hiperglikemia kronis meskipun telah mendapatkan pelayanan kesehatan.

Secara umum, hasil analisis deskriptif memberikan gambaran bahwa pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular pada penelitian ini memiliki kontrol glikemik yang kurang baik disertai variasi derajat kerusakan miokard yang cukup besar. Temuan awal tersebut menjadi dasar untuk melakukan analisis statistik lebih lanjut mengenai hubungan kedua parameter laboratorium tersebut.

Tabel 4. Analisis Deskriptif Variabel Penelitian

	N	Min	Max	Mean	SD
Nilai Troponin I	50	7	216	52,22	51,458
Nilai HbA1C	50	7	14	9,57	1,894
Valid N (listwise)	50				

Hasil Uji Normalitas

Sebelum dilakukan analisis hubungan antarvariabel, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas menggunakan metode Shapiro–Wilk karena jumlah sampel penelitian kurang dari 100 responden. Uji ini bertujuan untuk menentukan jenis analisis statistik yang sesuai digunakan pada tahap berikutnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variabel Troponin I memiliki nilai signifikansi 0,000, sehingga data dinyatakan tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$). Sebaliknya, variabel HbA1c memperoleh nilai signifikansi 0,083, sehingga memenuhi asumsi distribusi normal ($p > 0,05$). Karena salah satu variabel tidak memenuhi asumsi normalitas, maka analisis hubungan antara HbA1c dan Troponin I dilakukan menggunakan uji korelasi Spearman sebagai uji nonparametrik.

Selain menggunakan uji statistik, distribusi data juga dievaluasi secara visual melalui grafik Normal Q-Q Plot dan Boxplot. Grafik Troponin I menunjukkan penyimpangan titik terhadap garis diagonal disertai beberapa nilai ekstrem (*outlier*), sehingga memperkuat hasil uji Shapiro–Wilk yang menyatakan data tidak berdistribusi normal. Sebaliknya, grafik HbA1c memperlihatkan pola titik yang mengikuti garis diagonal dengan penyebaran data yang relatif homogen sehingga mendukung hasil uji normalitas yang menunjukkan distribusi normal.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Shapiro–Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai Troponin I	,253	50	,000	,793	50	,000
Nilai HbA1C	,069	50	,200*	,959	50	,083

Hasil Uji Korelasi Spearman

Analisis hubungan antara kadar HbA1c dan kadar Troponin I dilakukan menggunakan uji korelasi Spearman. Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,543 dengan nilai signifikansi (p) sebesar 0,000 pada jumlah sampel sebanyak 50 pasien. Nilai signifikansi yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara kadar HbA1c dan kadar Troponin I pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular. Dengan demikian, hipotesis penelitian diterima.

Koefisien korelasi sebesar 0,543 menunjukkan hubungan positif dengan kekuatan korelasi sedang. Hubungan positif tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan kadar HbA1c cenderung diikuti oleh peningkatan kadar Troponin I. Sebaliknya, semakin rendah kadar HbA1c, kadar Troponin I juga cenderung lebih rendah. Pola hubungan ini memperlihatkan adanya kecenderungan bahwa pasien dengan kontrol glikemik yang kurang baik memiliki kadar biomarker kerusakan miokard yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kadar HbA1c memiliki hubungan yang bermakna dengan kadar Troponin I pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular. Temuan ini menjadi dasar untuk pembahasan lebih lanjut mengenai mekanisme biologis yang mendasari hubungan kedua biomarker tersebut pada bagian pembahasan.

Tabel 6. Hasil Uji Korelasi Spearman antara Kadar HbA1c dan Kadar Troponin I

		Nilai Tnhs	Nilai HbA1C
Spearman's rho	Nilai Troponin I	1,000	,543**
	Correlation Coefficient		
	Sig. (2-tailed)	,	,000
	N	50	50
	Nilai HbA1C		
	Correlation Coefficient	,543**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000	,
	N	50	50

** . Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed).

DISKUSI

Hubungan Kadar HbA1c dengan Kadar Troponin I pada Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan Komplikasi Gangguan Kardiovaskular

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan positif yang bermakna antara kadar HbA1c dan kadar Troponin I pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular. Nilai koefisien korelasi Spearman sebesar 0,543 menunjukkan hubungan dengan kekuatan sedang, sedangkan nilai signifikansi $p = 0,000$ mengindikasikan bahwa hubungan tersebut tidak terjadi secara kebetulan. Temuan ini mengisyaratkan bahwa semakin tinggi kadar HbA1c yang mencerminkan buruknya kontrol glikemik dalam jangka panjang, maka kecenderungan peningkatan kadar Troponin I sebagai biomarker kerusakan miokard juga semakin besar. Dengan demikian, kontrol glikemik yang tidak optimal berpotensi meningkatkan risiko terjadinya kerusakan jaringan jantung pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2.

Secara fisiologis, hubungan tersebut dapat dijelaskan melalui teori patogenesis diabetes melitus. Menurut American Diabetes Association (ADA), hiperglikemia kronis menyebabkan peningkatan pembentukan *advanced glycation end products* (AGEs),

aktivasi jalur poliol, peningkatan stres oksidatif, serta aktivasi berbagai mediator inflamasi. AGEs terbentuk akibat reaksi non-enzimatik antara glukosa dan protein atau lipid, kemudian berikatan dengan reseptor *receptor for advanced glycation end products* (RAGE) pada sel endotel dan sel miokard. Ikatan ini mengaktifkan jalur transduksi sinyal yang meningkatkan produksi sitokin proinflamasi, seperti *tumor necrosis factor- α* (TNF- α), *interleukin-6* (IL-6), dan aktivasi faktor transkripsi *nuclear factor kappa B* (NF- κ B). Aktivasi inflamasi yang berlangsung terus-menerus menyebabkan disfungsi endotel, penurunan bioavailabilitas nitrit oksida (NO), dan gangguan perfusi jaringan jantung sehingga mempercepat proses aterosklerosis serta kerusakan sel miokard [10].

Selain itu, hiperglikemia kronis juga meningkatkan produksi Reactive Oxygen Species (ROS) di dalam mitokondria. Peningkatan ROS menyebabkan stres oksidatif yang merusak membran sel, protein kontraktil, dan DNA sel kardiomyosit. Kerusakan membran sel mengakibatkan peningkatan permeabilitas membran sehingga protein struktural intraseluler, termasuk Troponin I, dilepaskan ke dalam sirkulasi darah. Oleh karena itu, kadar Troponin I yang meningkat pada pasien diabetes tidak selalu menunjukkan adanya infark miokard akut, tetapi juga dapat mencerminkan cedera miokard kronis akibat paparan hiperglikemia yang berlangsung lama.

Teori Diabetic Cardiomyopathy juga mendukung hasil penelitian ini. Menurut teori tersebut, diabetes melitus dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi miokard meskipun belum terdapat penyakit arteri koroner yang signifikan. Hiperglikemia kronis memicu hipertrofi kardiomyosit, fibrosis interstisial, gangguan metabolisme asam lemak, serta disfungsi mitokondria [11]. Perubahan tersebut menurunkan kemampuan kontraksi dan relaksasi jantung sehingga meningkatkan risiko gagal jantung maupun kerusakan miokard subklinis. Dalam kondisi tersebut, Troponin I dapat meningkat sebagai respons terhadap cedera sel miokard yang berlangsung secara perlahan.

Interpretasi Klinis Kadar HbA1c sebagai Indikator Risiko Kerusakan Miokard

Rata-rata kadar HbA1c pada penelitian ini berada di atas target pengendalian diabetes yang direkomendasikan oleh American Diabetes Association (ADA), yaitu kurang dari 7% pada sebagian besar pasien dewasa. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki kontrol glikemik yang kurang optimal. HbA1c menggambarkan rata-rata kadar glukosa darah selama dua hingga tiga bulan terakhir sehingga lebih mampu merepresentasikan paparan hiperglikemia kronis dibandingkan pemeriksaan glukosa darah sewaktu maupun glukosa puasa.

Hiperglikemia kronis yang tercermin dari tingginya HbA1c menyebabkan kerusakan pembuluh darah melalui berbagai mekanisme, antara lain glikasi protein vaskular, aktivasi jalur protein kinase C (PKC), peningkatan stres oksidatif, dan gangguan fungsi endotel. Kerusakan endotel merupakan tahap awal terjadinya aterosklerosis. Endotel yang mengalami disfungsi kehilangan kemampuan menghasilkan nitrit oksida sebagai vasodilator utama sehingga pembuluh darah menjadi lebih mudah mengalami vasokonstriksi, adhesi leukosit, dan pembentukan plak aterosklerosis. Pada pasien diabetes, proses ini berlangsung lebih cepat dibandingkan individu tanpa diabetes sehingga risiko penyakit jantung koroner dan komplikasi kardiovaskular meningkat secara bermakna [12].

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa kadar HbA1c yang tinggi berhubungan dengan peningkatan biomarker kerusakan miokard. Hal tersebut menunjukkan bahwa HbA1c tidak hanya berfungsi sebagai indikator keberhasilan terapi diabetes, tetapi juga dapat digunakan sebagai parameter awal dalam mengidentifikasi pasien yang memiliki risiko lebih tinggi mengalami komplikasi

kardiovaskular. Oleh karena itu, pemantauan HbA1c secara berkala menjadi bagian penting dalam upaya pencegahan komplikasi jangka panjang.

Peran Troponin I sebagai Biomarker Kerusakan Miokard pada Pasien Diabetes Melitus

Troponin I merupakan protein regulator yang terdapat pada filamen tipis otot jantung dan memiliki sensitivitas serta spesifisitas yang sangat tinggi terhadap kerusakan sel miokard. Dalam kondisi normal, kadar Troponin I di dalam sirkulasi darah sangat rendah. Ketika terjadi cedera pada membran kardiomyosit, protein ini akan dilepaskan ke dalam aliran darah sehingga kadarnya meningkat.

Pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2, peningkatan Troponin I tidak selalu disebabkan oleh infark miokard akut. Hiperglikemia kronis, gangguan mikrosirkulasi koroner, inflamasi sistemik, dan fibrosis miokard dapat menyebabkan cedera miokard kronis dengan derajat ringan hingga sedang. Kondisi tersebut dikenal sebagai silent myocardial injury, yaitu kerusakan jaringan jantung tanpa manifestasi klinis yang jelas. Oleh karena itu, peningkatan Troponin I pada pasien diabetes dapat menjadi indikator awal adanya gangguan fungsi jantung sebelum muncul gejala klinis maupun perubahan elektrokardiografi.

Hasil penelitian ini memperlihatkan variasi kadar Troponin I yang cukup besar antarresponden. Variasi tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat keparahan penyakit kardiovaskular, lama menderita diabetes, usia, pengobatan yang dijalani, serta adanya penyakit penyerta lainnya. Meskipun demikian, hubungan positif yang ditemukan menunjukkan bahwa peningkatan HbA1c tetap berkontribusi terhadap meningkatnya kadar Troponin I pada populasi penelitian.

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Hossain et al. (2022) yang melaporkan adanya hubungan positif antara kadar HbA1c dan Troponin I pada pasien diabetes melitus dengan sindrom koroner akut. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pasien dengan kontrol glikemik yang buruk memiliki kadar Troponin I yang lebih tinggi dibandingkan pasien dengan kontrol glikemik yang baik. Temuan tersebut mendukung hipotesis bahwa hiperglikemia kronis berkontribusi terhadap meningkatnya kerusakan miokard melalui mekanisme inflamasi dan stres oksidatif.

Penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Šimić et al. yang menyatakan bahwa kadar HbA1c berhubungan dengan peningkatan biomarker cedera jantung pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa peningkatan HbA1c mempercepat pembentukan AGEs yang menyebabkan remodeling miokard dan gangguan fungsi ventrikel kiri. Semakin tinggi kadar HbA1c, semakin besar pula risiko terjadinya kerusakan jaringan jantung [4].

Di Indonesia, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa kontrol glikemik yang buruk berkaitan dengan meningkatnya kejadian komplikasi makrovaskular pada pasien diabetes melitus. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada kejadian penyakit jantung koroner atau gagal jantung tanpa menghubungkannya secara langsung dengan biomarker Troponin I [13]. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dengan memperlihatkan bahwa hubungan antara HbA1c dan Troponin I juga ditemukan pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular di rumah sakit daerah, sehingga memperluas bukti empiris mengenai pemanfaatan kedua parameter laboratorium tersebut dalam praktik klinis.

Implikasi Penelitian

Temuan penelitian ini memiliki implikasi penting bagi pelayanan kesehatan, khususnya dalam penatalaksanaan pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi kardiovaskular. Pemeriksaan HbA1c secara rutin tidak hanya diperlukan untuk mengevaluasi keberhasilan terapi diabetes, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai indikator risiko terjadinya cedera miokard. Pasien dengan kadar HbA1c yang tinggi perlu mendapatkan pemantauan kardiovaskular yang lebih intensif, termasuk pemeriksaan biomarker jantung apabila terdapat indikasi klinis.

Di sisi lain, hasil penelitian ini juga menunjukkan pentingnya pendekatan multidisiplin antara dokter penyakit dalam, dokter jantung, dan tenaga laboratorium dalam mengelola pasien diabetes. Pengendalian glikemik yang optimal melalui modifikasi gaya hidup, terapi farmakologis, serta pemantauan laboratorium secara berkala diharapkan mampu menurunkan risiko kerusakan miokard dan memperbaiki luaran klinis pasien. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain kohort prospektif dengan jumlah sampel yang lebih besar serta mempertimbangkan faktor perancu seperti usia, durasi diabetes, indeks massa tubuh, fungsi ginjal, profil lipid, dan jenis terapi antidiabetes sehingga hubungan kausal antara HbA1c dan Troponin I dapat dijelaskan dengan lebih komprehensif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang bermakna antara kadar Hemoglobin A1c (HbA1c) dengan kadar Troponin I pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dengan komplikasi gangguan kardiovaskular di RSUD Welas Asih. Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,543$ dengan nilai signifikansi $p = 0,000$, yang menunjukkan hubungan positif dengan kekuatan korelasi sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar HbA1c sebagai indikator kontrol glikemik jangka panjang, maka semakin tinggi pula kadar Troponin I sebagai biomarker kerusakan miokard.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kontrol glikemik yang kurang optimal berpotensi meningkatkan risiko cedera miokard pada pasien Diabetes Melitus Tipe 2 melalui mekanisme hiperglikemia kronis, stres oksidatif, inflamasi, dan disfungsi endotel. Oleh karena itu, pemeriksaan HbA1c secara berkala tidak hanya penting sebagai indikator keberhasilan terapi diabetes, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai parameter untuk mengidentifikasi risiko komplikasi kardiovaskular. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, menggunakan desain prospektif, serta mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti usia, durasi diabetes, fungsi ginjal, profil lipid, dan terapi yang diterima pasien agar diperoleh gambaran hubungan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. D. De Rosa S, Arcidiacono B, Chiefari E, Brunetti A, Indolfi C, "Type 2 Diabetes Mellitus and Cardiovascular Disease: Genetic and Epigenetic Links," *Front Endocrinol (Lausanne)*, vol. 9, no. 2, 2018, doi: 10.3389/fendo.2018.00002.
- [2] S. M. Sherwani SI, Khan HA, Ekhzaimy A, Masood A, "Significance of HbA1c test in diagnosis and prognosis of diabetic patients," *Biomark Insights*, vol. 11, pp. 95–104, 2016, doi: <https://doi.org/10.4137/BMI.S38440>.

- [3] K. Tiara, N. Mudiarta, S. D. Husodo, H. Erry, K. Surabaya, and P. Jawa, "HUBUNGAN ANTARA KADAR HBA1C DENGAN KOMPLIKASI MAKROVASKULAR PADA PASIEN DIABETES MELLITUS TIPE 2," *SURABAYA Biomed. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 202–210, 2024.
- [4] L. N. Šimić S, Nikolić D, "Relationship between hemoglobin A1c and serum troponin in patients with diabetes and cardiovascular events.," *J. Diabetes Metab. Disord.*, vol. 18, pp. 271–278, 2019, [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6915172/pdf/main.pdf>
- [5] et al. Hossain MS, Sharmin F, Sultana I, Faysal MR, Begum S, Banu M, "HbA1c and troponin-I levels and their relationship in patients with acute coronary syndrome," *Mymensingh Med. J.*, vol. 32, no. 1, pp. 28–34, 2023.
- [6] B. T. Šimić S, Svaguša T, Prkačin I, "Relationship between hemoglobin A1c and serum troponin in patients with diabetes and cardiovascular events," *J. Diabetes Metab. Disord.*, vol. 18, no. 2, 2019, doi: <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00460-9>.
- [7] S. F. Yusran M, Putri RD, "Gambaran kadar HbA1c pada pasien diabetes melitus tipe 2," *J. Med. Malahayati*, vol. 5, no. 4, pp. 289–295, 2021.
- [8] P. DA Anwar R, "Profil komplikasi kardiovaskular pada pasien diabetes melitus tipe 2," *J. Kesehat. Lampung*, vol. 7, no. 1, 2021, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/461305-none-0a0c7a53.pdf>
- [9] et al Aturut Yansen, "Kolerasi Kadar HBA1C dengan Kadar Glycated Albumin pada Pasien Diabetes Tipe 2 di RS Polri," *J. Ilm. Kesehat.*, vol. 22, no. 1, 2023, doi: 10.33221/jikes.v22i1.2061.
- [10] O. O. Oguntibeju, "Type 2 diabetes mellitus, oxidative stress and inflammation: examining the links," *PMC (PudMed Cent.)*, vol. 15, no. 11, 2019.
- [11] R. A. Nasution and U. Malikussaleh, "Kardiomiopati diabetik," *Integr. Perspect. Soc. Sci. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 762–776, 2026.
- [12] A. Hussain, "Chronic hyperglycemia and cardiovascular dysfunction: an in-depth exploration of metabolic and cellular pathways in type 2 diabetes mellitus," *Cardiovasc Diabetol Endocrinol Rep*, vol. 12, no. 11, 2025, doi: doi: 10.1186/s40842-025-00247-3.
- [13] S. E. Ratulangi and H. Sutanto, "Pengaruh kendali glikemik pasien diabetes tipe 2 terhadap komplikasi penyakit jantung koroner International Diabetes Federation (IDF) menyebutkan hubungan kendali Studi ini menggunakan desain analitik dengan pendekatan potong lintang untuk mengevaluasi , " *Tarumanagara Med. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 341–346, 2024.